



TITLE:

流れ下る氷河:-スイスにおける貯水池土砂管理-(PARTII)

AUTHOR(S):

角, 哲也

CITATION:

角, 哲也. 流れ下る氷河:-スイスにおける貯水池土砂管理-(PARTII). 大ダム: 国際大ダム会議日本国内委員会会誌 2010, 212: 135-144

ISSUE DATE:

2010-07

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/153379>

RIGHT:

日本大ダム会議

随 想

大 ダ ム No. 212 (2010-7)

流れ下る氷河

— スイスにおける貯水池土砂管理 — (PART II)

角 哲 也*

1. はじめに

筆者は18年前の1992年から93年の秋から冬にかけて、人事院の短期在外研修制度でスイス連邦工科大学水理・水文・氷河学研究所の研究員としてチューリヒに滞在した。スイスにおける研修テーマは「ダム貯水池の土砂管理と環境対策」であり、上記の研究所で行われていた水理模型実験や数値計算モデルの開発などの研究最前線に接するとともに、スイス国内の実施事例やペルンの連邦政府機関へのヒアリングを通じて、ダム排砂に関する法的枠組みの整備など、多くの知見を得ることができた。これらは、「流れ下る氷河 — スイスにおける貯水池土砂管理 —, ダム技術No.118, 1996年7月」および「ダム貯水池からの排砂と排砂時の放流水質管理, ダム技術No.127, 1997年4月」としてまとめさせていただいた。

その後、この機会に知己を得たスイスの研究者などを招いて日本の進むべき方向性を考える機会として、貯水池土砂管理国際ワークショップ（富山、2000年10月）や第3回世界水フォーラムにおけるセッション（会場は大津、2003年3月）を（財）ダム水源環境整備センターのご

協力を得て開催してきた。

来年の2011年5月30日から6月3日まで、スイス連邦のルツェルン市で第79回年次例会が開催される。2012年の京都大会の準備もかねて、多くの日本の関係者がスイスを訪問されることと思われる。そこで、この機会に、その後の情報を加えて、改めてスイスにおける貯水池土砂管理について考えてみたい。

2. スイスの地勢と河川

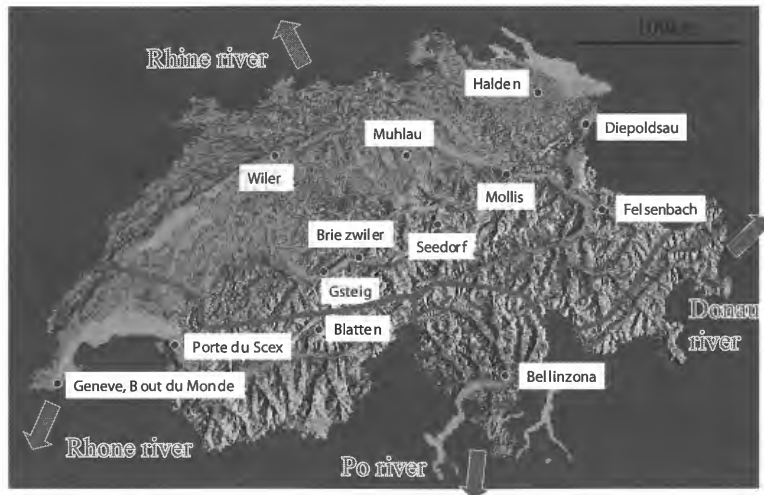
スイスといえば、何といてもアルプスであり、マッターホルンやユングフラウなどの名峰で世界的に有名である。国の大きさを日本の九州と比較すれば、面積はほぼ同じ（約4.1万km²、南北220km、東西348km）で、人口は約半分（2008年現在で7.6百万人、人口密度は180人/km²）である。また、スイスの特徴は、ドイツ語（70%）、フランス語（20%）、イタリア語（9%）および古語であるロマンシュ語（1%）の4言語をすべて公用語として認定していることであり、法律はもとより、町のスーパーに並ぶ食料品のパッケージも最低限、独、仏、伊語、多くは英語の標記までなされている。ただし硬貨や切手などではラテン語の国名（Helvetia）が統一して使われている。人口に関しては、1996年当時より百万人弱増加しており、その主な理由は、旧ユーゴスラビア諸国出身者の35万人を筆頭とする外国人の定住者ないし短期労働者の移入であり、現在、全人口の2割145万人に達している。

政治的には、武力によって永世中立を維持してきた重武装の国家である。国民皆兵を国是としており、20～30歳の男子に徴兵制度を採用している。スイスの男性の大多数は予備役軍人であり、各家庭に自動小銃が支給され、各自で保管している。国際連合には半世紀以上の長きにわたって加盟していなかったが、2002年9月10日に国民投票の結果を受けて190番目の加盟国となった。



写真—1 スイス連邦工科大学水理・水文・氷河学研究所（VAW）にて（筆者）

* 京都大学防災研究所 水資源環境研究センター 教授



図一1 スイスの主要な河川水系
(図中の地点名は水文観測点のうち、流砂量の観測地点)

一方、経済的には、国民1人あたりのGDP（国内総生産）は\$32,300（2005年）と日本よりも高く、国内の物価および賃金水準も日本より高い。筆者の滞在当時、スイスは欧州連合（EU）に加盟するかどうかで国を二分する大議論が続いていた。ドイツ語圏は反対、フランス語圏は賛成で、人数で勝るドイツ語圏の主張（独立の精神と経済的メリットが小さいことなど）が僅差で勝っていた。その後、EUには加盟しなかったものの、EUとの二国間協定（政府調達、農産品市場へのアクセス自由化等）締結など、次第に環境は変化してきているようにも見える。ただし、金融を国家産業としているスイスは、最近ギリシャ危機で暴落気味のユーロ圏には入らずに、依然として独自通貨であるスイスフラン（CHF）を堅持している。

さて、本題のスイスの地勢に話を移すと、南北に大きく3つに分割され、南部のアルプス（Alps）山脈地帯（面積約60%、アルプス造山運動と氷河および河川の洗掘による渓谷、花崗岩、片磨岩および一部堆積岩からなる平均標高1,700mの高地）、中央平原地帯（面積約30%、アルプスからの洗掘土砂の堆積平原、氷河湖からなる平均標高580mの平原）、北部のジュラ（Jura）山脈地帯（面積10%、アルプス造山運動により中央平原地帯の堆積層が褶曲された平均標高700mの高地）からなる。気候は、中央ヨーロッパに位置し、大西洋（西）、大陸（東）、北極海（北）、地中海（南）からの4気流の影響を受け、起伏の激しい地形と相まって、年間1,476mmとヨーロッパ最高の降水量を記録する。

一方、図一1に示すように、スイスはヨーロッパを流れる三大河川の源流をなしており、最大は、全面積の68%を占める北海に注ぐライン（Rhine）河であり、スイス

国内では本川のUpper Rhineと支川のAare, Reuss, Limmatの各河川で構成される。次は、ローヌ（Rhône）河の18%であり、ポー（Po）川の9%とともに合計27%が地中海に注いでいる。最後は、ドナウ（Donau）河であり、スイス国内ではInn川と呼ばれ、4%は黒海の水になっている。

河川とともに、スイスの特徴は国土総面積の3.3%を占める数多くの天然の湖の存在であり、これらの誕生は氷河時代にまで遡る。これらは、氷河が川のように岩盤の弱い部分を削りながら流れ下った後に形成された窪地や盆地跡に水がたまっただけであり、レマン（Léman）湖やボーデン（Boden）湖がその代表格である。一方、氷河は、標高の高い部分に今も横たわり、現在も国土総面積の4.7%を占めている。その最大のものは後に登場するアレッチ（Aletsch）氷河（117km², 23.6km）であり、年間数cmのオーダーで下流に向かって下っている。氷河は河床を洗掘して氷の中に土砂を巻き込みながら谷を流れ下っており、氷が融けると中に含まれていた土砂が放出され、後述のように大量の土砂を河川に供給している。

3. スイスのダムと水力発電

スイス国内の電力エネルギーは、アルプスの山岳地形と豊富な河川水量を利用した水力発電に大きく依存しており、河川の自流が豊富な夏季は揚水式発電を含めて約85%、冬季は河川流量の低下と消費量の増大により比率は低下するものの約40%を賄っている。不足分は、原子力および周辺国からの輸入で補っており、火力発電は殆ど行われていない。これは、もともと埋蔵鉱物資源が少ないことと、内陸国であるために燃料の輸送コストが極めて高いこと、また、環境問題から化石燃料の燃焼に対

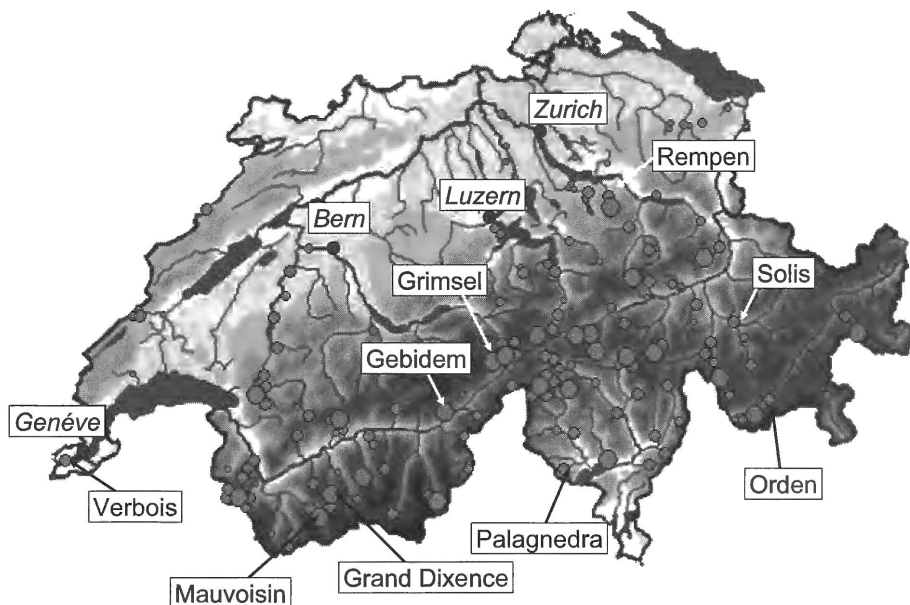


図-2 スイスのダム所在地
(スイス大ダム会議)

する拒絶意識が高いことがあげられる。スイス国内には、こうした水力発電を行うダムが数多く建設されているが、連邦政府は貯水高10m以上あるいは5m以上かつ貯水容量50,000m³以上のダムについて登録を行い、電力会社などのダムの管理者に対して所定の安全管理を義務付けている。図-2は、連邦政府に登録されているダムの所在地であるが、184ダム、総貯水容量約3,400百万m³が登録されている。なお、登録ダムの95%は水力発電を目的としている（他は洪水調節、砂防など）。

ダムの形式は、堤高50m以上に限定すれば、重力式(11)、アーチ式(31)、重力アーチ式(3)、ホローグラビティ(3)、ロックフィルおよびアース式(3)、バットレス式(1)となっており、良好な岩盤が確保できるサイトが多いこともあってアーチ式ダムが比較的多いのが特徴である。ちなみに、堤高のベスト3は、日本人にも有名な Grande Dixence（重力式：285m）、Mauvoisin（アーチ式：250m、1990年に235mから15m嵩上げられた）、Contra（アーチ式：220m）である。

現在のスイス国内における新規のダム建設事業は少なく、主に再開発（嵩上げ）事業が中心である。現在のスイスにおける電力エネルギーの需給は、雪解けの河川水量が期待される夏季は周辺諸国に輸出できる状況であるのに対して、国内需要の増大する冬季は逆にドイツなどから輸入せざるを得ない状況である。そこで、これを解消するために揚水式発電の強化計画が立案されており、既設の Grimsel ダム（堤高114m、総貯水容量98百万m³）の再開発事業などがその中心であるが、1985年施行の環

境保護に関する法律で UVP（環境調和テスト）が義務づけられ、その厳しい審査およびダムの所在するベルン州議会への提出・住民投票が未了なため、1998年当時は事業認可が得られていない状況であった。ちなみに、この Grimsel ダムの再開発事業は2011年の年次例会のテクニカルツアーに選定されており、その後の進展について説明を期待したい。

4. スイスにおける貯水池土砂管理事例

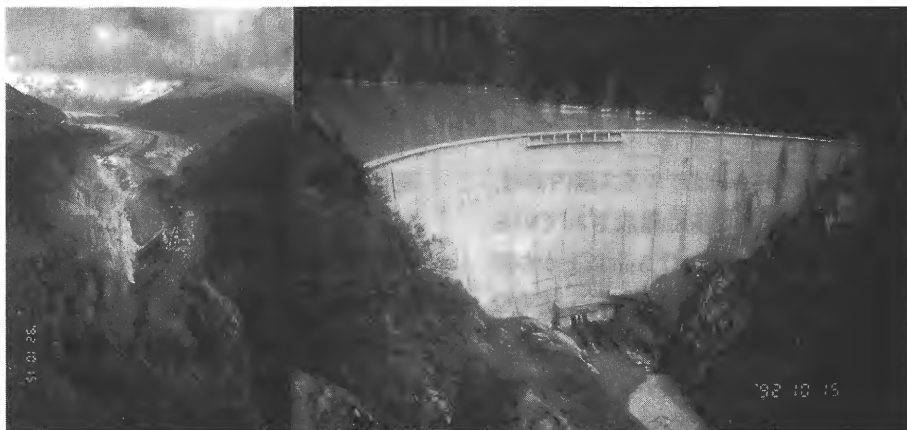
スイスの河川とダムの状況は極めて日本と類似している。従って、建設された貯水池が日本と同様に堆砂問題を抱えていることは容易に想像されるが、日本の貯水池が早いところで20～30年でかなりの容量を堆砂により喪失しているのに比べて、スイスでは上流域（従って高標高）の大貯水池と比較的下流域（低標高）の中小貯水池の2つのグループに、その状況を分類できる。大貯水池は、水力発電用の貯水型の池で、夏季に周辺の溪流から間接的に導水されて冬季の発電に備えられるために容量の割に直接の流域面積が大きくなく堆砂の進行は遅い。これに対して、中小の貯水池は、平地の河川の平常流量を利用して発電を行うものや大貯水池に貯留された水を落として発電を行う際に、さらに下流の発電所に送水するために一時的に貯留する調整型の池であり、容量の割に流域面積が大きく堆砂の進行は早い。

このようにスイスにおけるダムの堆砂問題は主として中小の貯水池に限定されることになるが、問題解決のための対策手法は貯水池の大きさに係らず共通と考えら

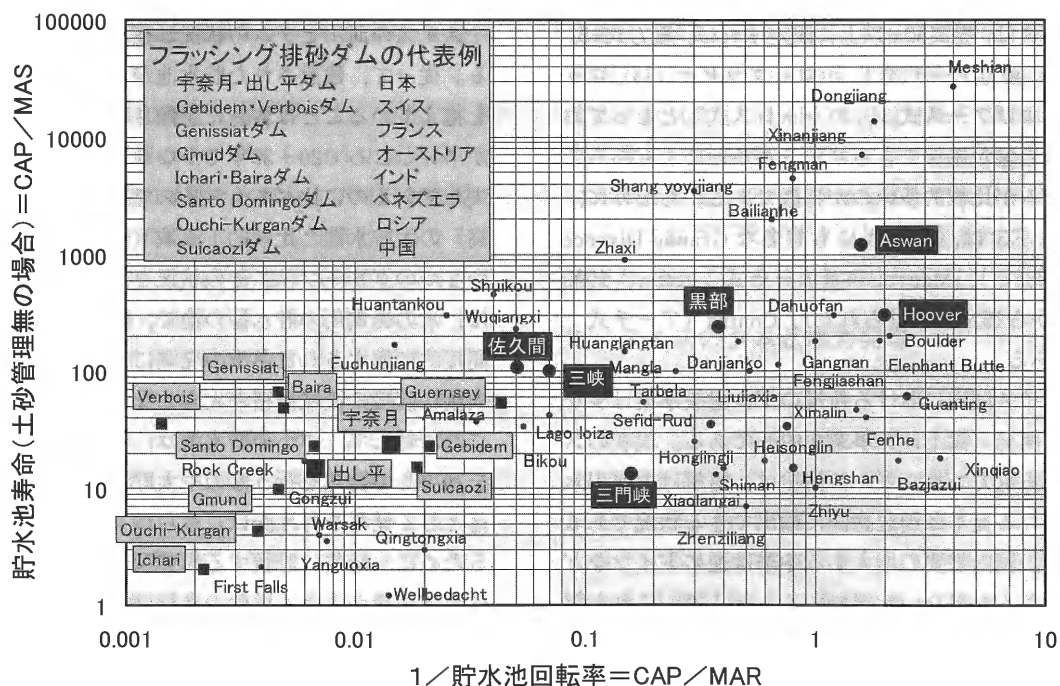
れる。スイスにおける具体的な堆砂対策事例については、これまでも富山での国際ワークショップや世界水フォーラムなどでも紹介されている。方法論としては、大別して、一時的に貯水位を低下させて堆積土砂を排出するフラッシングによるもの、貯水池に流入する土砂を迂回させるバイパス水路によるものおよび機械浚渫によるものなどに分類される。これまでの排砂操作に関する経験は豊富であり、Gebidem ダムおよび Verbois ダム（ともにフラッシング排砂）、Palagnedra ダムおよび Rempen ダム（ともに排砂バイパス）などのダムは、貯水池の有効容量の維持に大いに貢献している。以下に Gebidem ダムおよび Verbois ダムの現状について解説する。

4.1 ゲビデム（Gebidem）ダム

スイス西部電力会社（Energie Ouest Suisse (EOS)）の所有する堤高120mのアーチダムであり、ダム堤体の底部に土砂吐き用の放流管2条（B2m×H2.3m）が設置されている（写真—2右）。ダム上流域はユングフラウを源とするスイス最大のアレッチ氷河（写真—2左）であり、これより生産される土砂が総貯水容量8.7百万 m^3 に対して年間堆砂量で約350,000 m^3 と大きく、完成当初の1969年より貯水位を低下させた排砂操作が毎年1回実施されている。土砂粒径は比較的粗く（<10mm 70%，10～35mm 15%，35～50mm 10%，50mm< 5%），土砂流下に伴う底部放流管下流のコンクリート水叩きの洗掘が顕著であったため、1996年より耐摩耗コンクリートを採



写真—2 アレッチ氷河（左）、ゲビデムダムと排砂ゲート（右）



図—3 世界のフラッシング排砂ダムの代表例

天ヶ瀬ダム（ヴェルボアダム）に流れ込む図式とまったく同様である。

そこで、完成当初よりこれらダムの貯水位を連携して低下させた連携排砂操作が、3年に1回ずつ実施されてきた。図一5に排砂中のダム上下流面を示す。排砂時期は5月末～6月上旬（夏季は水温が高く不適、また、10～1月（産卵期）／3～4月（稚魚期）を避ける）が選択されている。排砂時間はVerboisダムで約36hr、

Genissiatダムで約24hr+ α （2段階）であり、排砂時の最大流量は約600m³/sである。この流量はArve川の自然流量とレマン湖からの放流量の合計で満たされるように計画され、排砂使用水量（平均6,000万m³）はレマン湖の水位に換算すれば約10cm低下する水量に相当する。図一5にレマン湖からの放流量を制御している堰ゲートを示す。

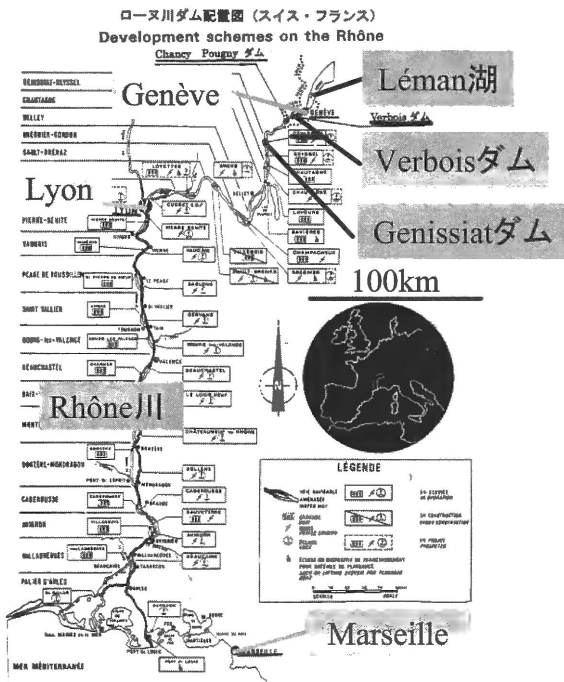
筆者は、2000年の連携排砂に立ち会うことができたが、その際には図一6に示すようなチラシがジェニシエダムを管理するCNRから配布されていた。これには、1) 2000年5/21～6/1の期間にダムからの排砂が実施されること、2) 何故排砂するのか、3) CNRの役割、4) どのようなことが生じるか、5) 安全確保のお願い、が要領よく記載されていた。ちなみに、「Chasses」はフランス語で排砂を意味する。

排砂対象の土砂粒径は比較的細かく（ジェニシエダム地点：2～8 μ mが60%、8～30 μ mが30%、30 μ m～20mm 10%）、排砂時に発生する高濁度水が下流河川の環境に与える影響が懸念されてきた。これまでの系統的な調査の結果、排砂操作に関する以下のような基準が規定されている。また、水質を含むモニタリング項目は以下に示すとおりであり、図一6に示す地点で排砂期間中連続的に観測されている。

<排砂基準>

下流Seysselダムの基準地点でSS=10g/l、Lyonでは110mg/l程度

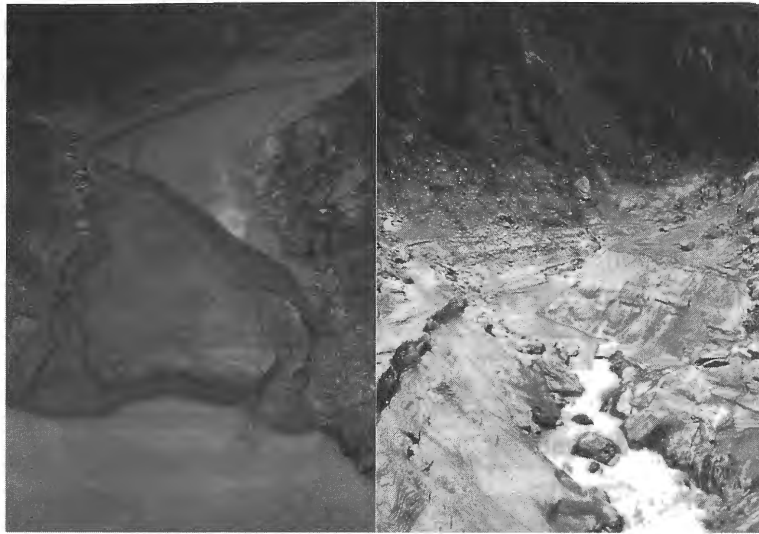
1978年より、全平均（常時）<Max.5g/l、6時間



図一4 ローヌ川のダム配置図



図一5 ヴェルボアダムとレマン湖およびアルプ川の関係
（写真はダム排砂時）



写真—3 ゲビデムダム貯水池内に形成された水みち（フラッシング排砂水路）（EOS）
（貯水池末端のデルタ堆積部（水位低下途中）、貯水池内（完全水位低下時））



写真—4 黒部川出し平ダムの貯水池内に形成された水みち（フラッシング排砂水路）

用し、良好に機能している。ちなみに、1998年には、当時の上阪ダム部長（土木研究所）と一緒にこのコンクリートの製造元である Lafarge 社の担当者と現地を訪問し、日本への適用性についても議論を行った。その後、このコンクリートの成果はどのようなものであろうか。

ダムの総貯水容量（CAP）に対する年間総流入量（MAR）および年間平均土砂流入量（MAS）の比率を用いてプロットしたものが図—3であり、ゲビデムダムは日本の代表的なフラッシング排砂ダムである宇奈月ダムとほぼ同等であることがわかる。なお、このダムにおいても、排砂時の土砂濃度に関するケアがなされており、ダム直下流の河川に対して基準は設定されていないが、ローヌ川本川との合流による希釈効果を期待して、ローヌ川の流量がダムからの排砂流量の10倍以上確保されることが条件となっている。ゲビデムダムの排砂時に形成される水みちの様子を写真—3に示すが、写真—4に示す日本の出し平ダムのものともよく似ている。

4.2 ヴェルボア（Verbois）ダムおよびジェニシエ（Genissiat）ダム

レマン湖から流れ出るローヌ川には、ジュネーブ企業局（Services Industriels de Genève）の所有するヴェルボアダムをはじめとして、下流フランス国内に入ってからローヌ国立公社（CNR：Compagnie Nationale du Rhône）の管理するダムが合計9ダム設置されており、さらにローヌ川はリヨン（Lyon）を通って地中海まで流れている（図—4）。

ヴェルボアダムは1943年に完成した堤高32m、総貯水容量15百万 m^3 の重力式コンクリートダムであり、土砂吐きを兼ねた底部放流管が4条（B14m×H4.2m）設置されている。ヴェルボアダムはGenèveに電力供給（90MW）を行っており、Genèveの電力量の25%を供給している。

一方、ローヌ国立公社のダムの中で最大のものが1948年に完成した堤高104m、総貯水容量53百万 m^3 のジェニシエダム（重力式コンクリートダム）であり、地山トンネル式の底部放流管2条（いずれも仮排水路転用）が設置されている。ジェニシエダムは建設当時欧州最大であり、420MW、1,700GWh/年で、Lyonの電力量の3/4を供給している。

これらダムの課題は、ヴェルボアダム上流でローヌ川に合流するモンブラン（Mt. Blanc）を源とするアルプ（Arve）川から年間約百万 m^3 の土砂が流入してくることであり、毎年約1/2がヴェルボアダムに堆積し、残り1/2がジェニシエダムに堆積する。図—5にこれらの関係を示すが、琵琶湖（レマン湖）の瀬田川洗堰からの水が、土砂生産の盛んな大戸川（アルプ川）と合流して下流の

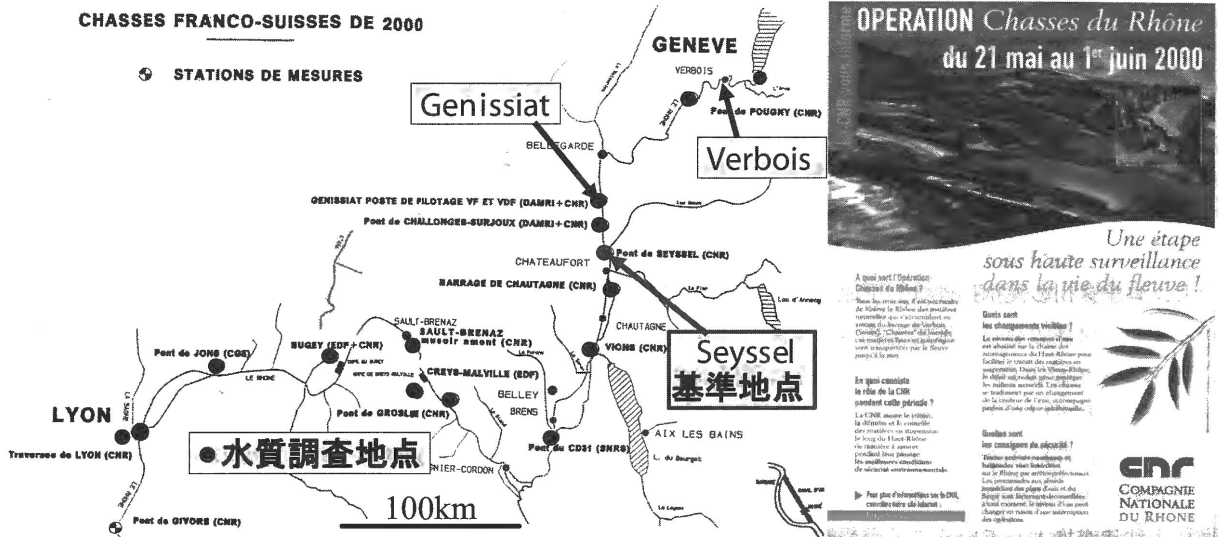


図-6 下流水質調査地点（左）とローヌ川排砂時のチラシ（右）（CNR）

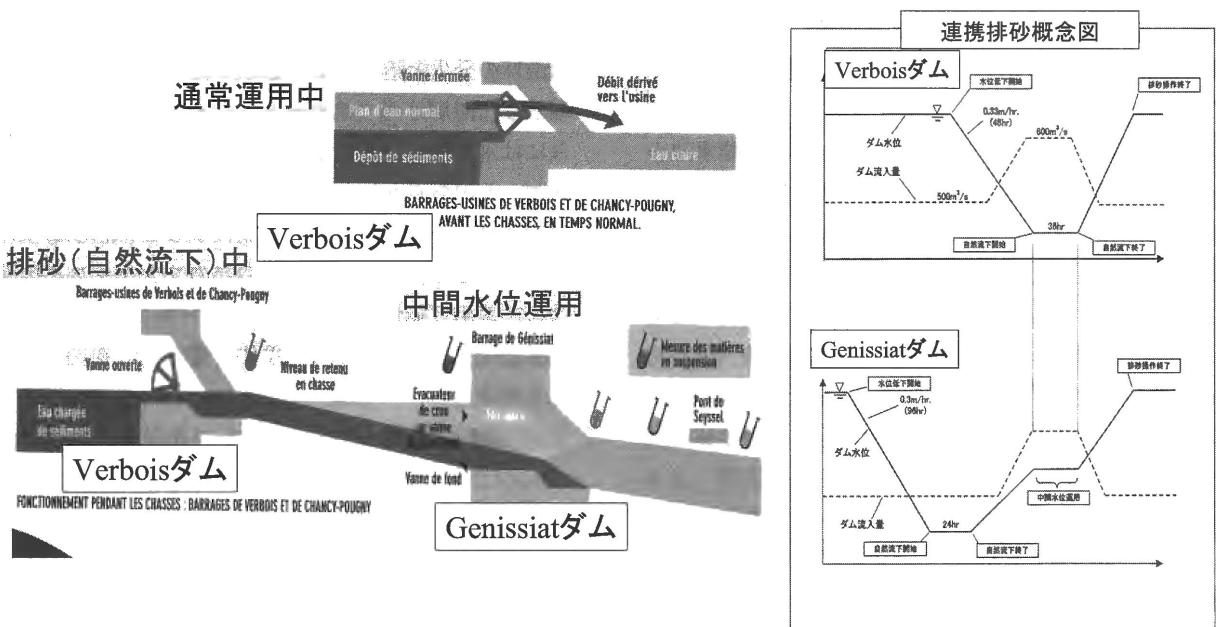


図-7 ヴェルボアダムとジェニシエダムの連携排砂の模式図（CNR）

<10g/l, 30分<15g/l

<水質測定>

SS, DO, NH_4 , 電気伝導度, 水温, 毒性 (Fe, Mn, Cu, Cr, Pb, Zn, Hg, As)

<河床材料サンプリング>

(凍結コアサンプリング): 排砂後の目詰まりチェック

<魚類調査>

魚の捕獲 (電気ショック): 排砂前後 (23種)

また, 連携排砂による河川環境への影響を軽減させるた

めの工夫として, 以下のような点が考えられている。

- 1) 排砂時期は5月末～6月上旬（夏季は水温が高く不適, また, 10～1月（産卵期）/3～4月（稚魚期）を避ける）を選択する（先述）。
- 2) アルプ川からの自然流量に加えて, 土砂を含まないレマン湖からの水量を加えることにより希釈効果を期待する。
- 3) ローヌ川の連続するダムのうち, 土砂排出の基点となるヴェルボアダムよりも下流ダム（Chancy-Pougny, ジェニシエダム）を先行して排砂し, 自分自身の堆積土砂による土砂濃度のピークとヴェル

ボアダムは排砂による土砂濃度のピークとずらす。ジェニエダムは先行排砂後に清水により水位上昇させて中間水位程度に維持し、ヴェルボアダムからの排砂土砂が到達するタイミングには、貯水池内の低位標高(高濃度)および中位標高(低濃度)の放流水を適宜ブレンドしながら、極端な高濃度の発生を防止する。これら連携排砂の模式図を図—7に示す。

なお、ローヌ川の連携排砂は、下流河川への環境影響に対して漁業関係者などの理解が得られずに2003年を最後に現在ストップしている。当初、2010年に再開されることで計画されていたようであるが、結局今年も実施されずに2011年に延期された。これまで3年ごとに実施されてきたものが、排砂間隔が空くことでVerboisダムへの堆積土砂量が増大していることが想定され、次回の排砂時の環境影響がより大きくなる懸念される。なお、通常であれば、排砂実施時期は、丁度、年次例会の開催時期の頃であり、重なれば必見の価値ありである。

4.3 スイスにおける流砂観測体制

スイスの土砂管理の推進において忘れてはならないのが流砂観測体制の充実である。詳細は、「ダム貯水池からの排砂と排砂時の放流水質管理、ダム技術No.127, 1997年4月」を参照していただきたいが、スイスにおいては、土砂生産・流出を含む水文観測が連邦政府機関によって系統的に実施されており、図—1に示す国内13地点の浮遊砂観測データが集計・公開されている(日平均浮遊砂濃度の変動、季節変化、年変化など)。この一例を図—8に示すが、年間の土砂濃度の分布と平年値との

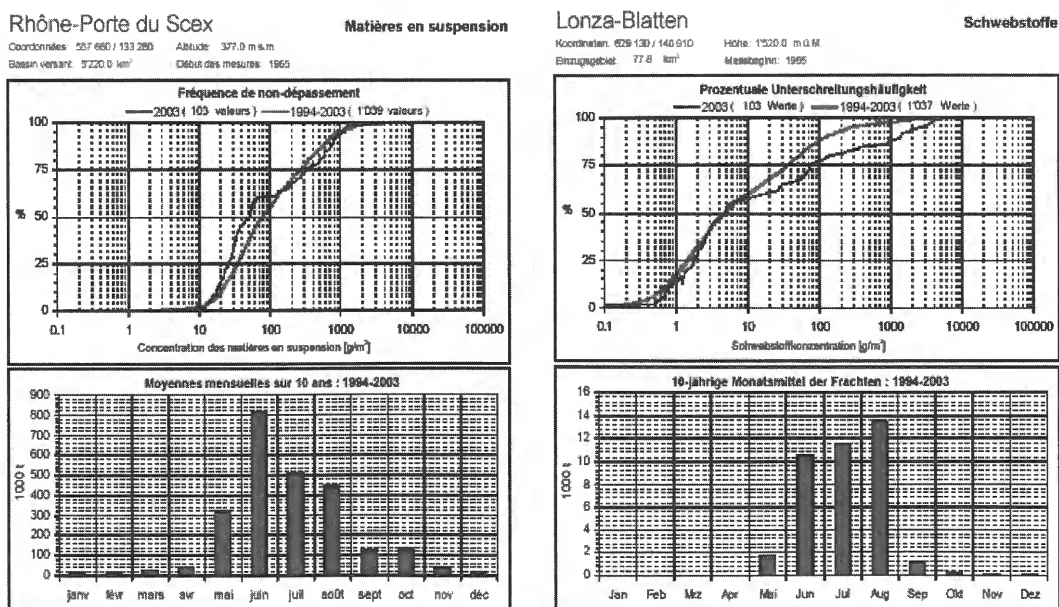
偏り、また、流量データから換算される土砂量の月別変化がグラフ化されている。図—8右はゲビデムダムに流入するアレッチ氷河の下流地点、また、図—8左はレマン湖に流れ込む地点のデータであり、上流地点は土砂濃度に年間変動が大きく(最大0.5~5,000mg/l)、土砂流入は6~8月の3ヶ月に集中していることが読み取れる。近年、気候変動によって氷河の後退が指摘されているが、これに伴う流量および土砂量の長期変化を議論する上でこれらは極めて貴重なデータと考えられる。

4.4 日本とスイスの貯水池土砂管理の深化

フラッシング排砂に関しては、スイスではゲビデムでは継続して実施されているものの、ローヌ川では上述のように一時中断している。これに対して、日本のフラッシング排砂の代表事例である黒部川では、当初の試行錯誤があったものの、出し平ダムの単独排砂から宇奈月ダム完成後の連携排砂にステップアップし、毎年定期的実施されるようになった。環境調査に関しては、当初の高濁度の発生と溶存酸素の急激な低下に対するリスク管理から、河川地形(粒度分布)や沿岸域の底質環境、さらには水生昆虫などの生物相の長期的な変化傾向の把握など、その焦点が次第に変化してきている。ここで、黒部川とローヌ川の連携排砂を比較すると下記のようにまとめられる。世界的に見れば、このフラッシング排砂の技術は適用可能性は高く、日本とスイスで知見を共有し、世界に発信していくことが重要と考えられる。

・共通点

—排砂評価委員会を設置(ローヌ川はスイス/仏合同)



図—8 スイスにおける流砂(浮遊砂)年報(Rhône川上下流地点)

- 融雪期に実施
- SS, DO, NH₄, 電気伝導度, 水温, その他の水質調査を系統的に実施
- 魚の待避所の確保, すすぎ放流を実施
- 相違点
 - 毎年 (黒部), 1 回/3 年 (ローヌ川)
 - 降雨により実施判断 (黒部), 事前予告 (ローヌ川)
 - 上流ダム先行 (黒部), 下流ダム先行 (ローヌ川)

一方, 排砂バイパスに関しては, 複数の事例があるスイスに対して, 日本では旭ダム, 美和ダムに続いて, 現在, 小渋ダム, 松川ダムで建設が進められている他, 矢作ダムや佐久間ダムでも検討中であり, 大規模な事例の蓄積も進んでいる。この技術の課題である, トンネル内の磨耗対策や, 操作性や排砂効率性の向上などに関してスイスとも情報交換を継続しながら, この分野でも世界をリードする技術開発を進めることが望まれる。

最後に, その他の一般的なダムの土砂管理については, スイスでは多くのダムに排砂や貯水位低下用の底部放流管が必ず設置されているのが特徴である。ポストコングレスツァーで訪問が予定されている Solis ダムは1986年に完成した再開発ダムであるが, 図—9 に示すように中央に2条の底部放流管が設置されている。この設備をどのようなタイミングで使用するのか, 維持管理や操作の信頼性の確保はどのように考えているのかなどが興味あるところである。このダムには, 排砂バイパスの計画があるとの情報もある。また, 流水型ダムの事例である Orden ダムの土砂管理も今後継続して見て行きたい。

5. おわりに

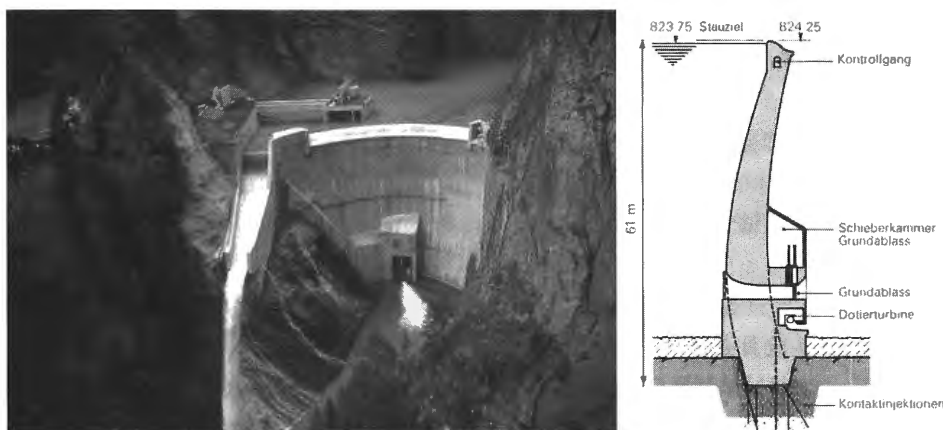
最後に, スイス年次例会に寄せて, ダム以外の魅力を

少し解説してみたい。

年次例会の開催されるルツェルンの所在するアイーアヴァルトシュテッテ湖周辺は, 伝説上のスイス建国の父「ウィリアム・テル」の活躍した舞台である。また, スイス最初の3州である Uri・シュヴィーツ・ウンターwalden が連合して1291年にハプスブルグ家の支配から独立したスイス連邦発祥の地である。周辺にリギ, ピラトゥス, ティトリス山など, 手頃な観光地も点在している他, ルツェルン国際音楽祭などでも有名である。ルツェルン国際音楽祭は, 1938年にワーグナーの邸宅前でおこなわれたガラコンサートからはじまり, 60年以上の伝統を誇る音楽祭であり, 年次例会中の文化行事でもその一端を体験できる趣向のようである。

次に, スイスの交通も見所である。スイスの鉄道は山岳地形に溶け込んで絵葉書にもなるなどデザインも美しいが, 最近日本でもはやりのLRT (Light Rail Transit), いわゆる路面電車が参考になる。チューリッヒのLRTが有名であるが, ルツェルン市内でも体験できるようである。もう一つのお勧めは湖の遊覧である。満々と水を湛える湖水はもちろん, 湖畔に点在する家屋が実にカラフルで, これらが織り成す景観を堪能するには遊覧船に乗るのが一番である。チューリッヒ滞在中は, チューリッヒ湖の遊覧船を堪能したが, アイーアヴァルトシュテッテ湖にも遊覧船があり, お勧めのコースである。

最後に食文化では, 何といってもチーズであろう。スーパーにはさまざまな種類のチーズが店頭に並ぶが, スイスにきたならチーズフォンデュは必ず体験すべき一品である。詳細は「建設の施工企画 (2008年12月号)」に紹介したのでご参照いただきたい。日本の鍋料理に相当するので, 年次例会が開催される初夏は時期はずれになるものの, スイス料理店に行けば年中味わうことができる。



図—9 Solis ダムの全景と標準断面図 (スイス大ダム会議)

本報では、スイスの貯水池土砂管理に関してその後の知見を補充しながら紹介したが、これらの情報が年次例会への参加を検討されている方々に何らかの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 角 哲也：流れ下る氷河—スイスにおける貯水池土砂管理—, ダム技術 No.118, pp.20-34, 1996.
- 2) 角 哲也：ダム貯水池からの排砂と排砂時の放流水質管理, ダム技術 No.127, 30-38, 1997.
- 3) 角 哲也：欧州におけるダム排砂の取り組み, 河川, No.628, pp.43-49, 1998.
- 4) 角 哲也：ダム貯水池のフラッシング排砂における排砂効率, ダム工学, Vol.10, No.3, pp.211-221, 2000.
- 5) 角 哲也：貯水池土砂管理の将来, 貯水池土砂管理国際ワークショップ, 富山, 2000.
- 6) 角 哲也：貯水池土砂管理の推進に向けて—第3回世界水フォーラムと将来展望—, 河川, No.683, pp.49-57, 2003.
- 7) 角 哲也, 井口真生子：RESCONモデルを用いたフラッシング排砂の適用性検討について, ダム工学, Vol.15, No.2, pp.92-105, 2005.
- 8) 角 哲也：排砂効率および環境適合を考慮したダム堆砂対策の選択, 大ダム, 194, pp.125-138, 2006.
- 9) 角 哲也：スイスにおける治水専用オルデンダムの水理設計と管理, ダム技術, No.241, pp.3-16, 2006.
- 10) 角 哲也：チーズフォンデュ, 建設の施工企画, No.706, pp.72, 2008.